



ORIGINAL ARTICLE

Biomechanical Constraints and Joint Load Among Healthcare Workers: Results from a Vector-Based Analysis in Real Work Situations

Nardjesse BENSEKHRIA, Wissal BENHASSINE

ABSTRACT

Background. Postural constraints are a major source of physical strain in caregiving activities, particularly in contexts characterized by high physical workload, lack of mechanical lifting aids, and poor ergonomic design. Given the high prevalence of musculoskeletal disorders (MSDs) among healthcare workers, an objective evaluation of biomechanical stress is essential. **Objective.** This study aimed to analyze joint biomechanical constraints associated with healthcare-related tasks using a dual approach: observational assessment with the Ovako Working Posture Analysis System (OWAS) and vector-based biomechanical modeling in real-world settings. **Methods.** A descriptive study was conducted across multiple hospital departments in the Wilaya of Batna. Working postures were assessed through direct observation and classified using the OWAS method. Biomechanical angular and vectorial analyses were performed on field photographs, using anatomical landmarks and body segment mass distribution based on De Leva's method. Joint moments were calculated to estimate loading on critical joints, including the lumbar spine, shoulders, and knees. **Results.** OWAS analysis revealed a predominance of postures falling into Action Categories 3 and 4, indicating a need for urgent ergonomic intervention. The most hazardous postures involved trunk flexion, rotation, and prolonged static holding. Vectorial analysis confirmed significant lumbar loading, with joint stress values exceeding recommended safety thresholds—especially during patient handling and crouched cleaning tasks. **Conclusion.** Combining vector-based biomechanical analysis with systematic postural observation enables a comprehensive assessment of physical demands placed on healthcare workers. This integrated approach provides objective data to support preventive strategies, guide ergonomic workstation redesign, and reinforce training in safe working techniques. The findings underscore the urgent need for ergonomics-informed policies tailored to actual hospital working conditions.

Faculté de médecine – Université Mostefa Ben Boulaid - Batna 2, Algérie

Received: 16 Jun 2025**Accepted:** 08 Jul 2025**Correspondance to:** Nardjesse BENSEKHRIA
E-mail : n.bensekhria@univ-batna2.dz

Keywords: Biomechanical constraints, Vector-based analysis, Healthcare workers, Working postures, Musculoskeletal disorders

1. INTRODUCTION

Le secteur hospitalier est reconnu comme un environnement de travail à fortes exigences physiques et organisationnelles. Parmi les risques professionnels les plus fréquemment rencontrés par le personnel soignant, les troubles musculosquelettiques (TMS) occupent une place centrale. Ils résultent en grande partie de contraintes posturales prolongées, de gestes répétitifs, et de sollicitations

biomécaniques excessives, particulièrement dans les activités de soins directs, de manutention manuelle et d'assistance à la mobilité des patients [1–3].

Selon l'Institut National de Recherche et de Sécurité (INRS), les personnels hospitaliers, notamment les aides-soignants et infirmiers, figurent parmi les catégories professionnelles les plus exposées aux TMS, après les ouvriers du bâtiment [2]. Les zones les plus concernées sont le rachis lombaire, les épaules et les membres supérieurs, en lien avec des postures pénibles et des efforts importants réalisés dans des conditions ergonomiques souvent défavorables [3,4].

Dans un contexte marqué par la pénurie de moyens mécaniques, la surcharge de travail, et une organisation parfois rigide, les stratégies de compensation adoptées par les soignants peuvent aggraver les contraintes subies par leur système musculo-squelettique [5,6]. Dès lors, la compréhension fine des postures professionnelles et des sollicitations articulaires qui en découlent devient un enjeu prioritaire de prévention.

Les outils classiques d'analyse posturale, tels que la méthode OWAS (Ovako Working Posture Analysis System), permettent de catégoriser les postures selon leur niveau de dangerosité et d'urgence d'intervention [7]. Toutefois, l'apport de méthodes complémentaires, comme l'analyse biomécanique vectorielle, s'avère particulièrement pertinent pour estimer de manière plus précise les forces exercées sur les articulations à partir de photographies de terrain, de données anthropométriques et de modélisations des moments de force [8].

Malgré l'intérêt croissant pour l'étude des contraintes physiques en milieu hospitalier, peu de travaux combinent à la fois une analyse posturale systématique et une évaluation vectorielle des sollicitations articulaires en situation réelle. Cette lacune méthodologique limite la mise en œuvre de mesures ergonomiques ciblées et fondées sur des données objectives.

L'objectif de cette étude est triple : (1) identifier les postures professionnelles à risque chez les soignants à l'aide de la méthode OWAS, (2) évaluer les sollicitations articulaires par une modélisation biomécanique vectorielle basée sur des photographies en situation réelle, et (3) proposer des recommandations ergonomiques adaptées, en vue de réduire la pénibilité posturale et prévenir les TMS.

2. MÉTHODES

Cette étude repose sur une analyse ergonomique conduite en situation réelle, dans des services hospitaliers à forte charge physique. La démarche méthodologique articule deux niveaux d'analyse : une évaluation posturale globale à l'aide de la méthode OWAS et une modélisation biomécanique vectorielle centrée sur les segments articulaires les plus sollicités. L'objectif est de caractériser les contraintes physiques liées aux activités soignantes et d'identifier les facteurs de risque postural objectivables dans les environnements de soins.

Échantillonnage

L'étude a été conduite dans cinq catégories de services hospitaliers : soins intensifs, obstétrique, chirurgie, médecine et pédiatrie. Ces services ont été retenus pour la diversité de leurs contraintes physiques, la fréquence des actes mobilisant le patient et leur représentativité dans l'activité hospitalière. Les postes de travail ont été sélectionnés par tirage aléatoire à partir des plannings opérationnels, sans présélection sur la base de leur pénibilité perçue.

Dans le cadre de cette étude, le poste de travail est défini comme une unité d'analyse englobant un ensemble d'activités professionnelles répétées, exercées par un soignant donné, dans un espace de travail stable (ex. salle de soins, chambre, bloc obstétrical), sur une période continue d'une heure. La notion de tâche renvoie à une action technique élémentaire (prise de constantes, injection, mobilisation du patient), tandis que le terme activité désigne l'organisation fonctionnelle globale du travail soignant observé.

Les observations ont été réalisées durant les périodes identifiées comme les plus sollicitées physiquement. L'heure d'activité la plus pénible a été définie de manière opérationnelle à partir d'entretiens avec les cadres de santé, en croisant plusieurs critères : fréquence élevée des mobilisations de patients dépendants, actes techniques nécessitant une posture prolongée ou asymétrique, séquences de travail sans pause, et enchaînement de soins urgents ou simultanés. Cette identification a été validée par des observations exploratoires réalisées en amont dans chaque service.

Un total de 116 postes a été inclus dans l'analyse, chacun ayant fait l'objet d'un enregistrement vidéo continu de 60 minutes. Les observations ont été réparties sur différentes périodes de la journée afin d'intégrer la variabilité intra-journalière. Au total, 27 840 séquences posturales ont été analysées (codage toutes les 15 secondes), garantissant une base suffisamment robuste pour des comparaisons entre unités de soins et catégories professionnelles.

Analyse posturale

Chaque poste a été filmé en continu pendant une heure dans les conditions habituelles de travail. Les enregistrements ont ensuite été codés à l'aide du logiciel WinOWAS selon la méthode OWAS (Ovako Working Posture Analysis System). Ce système permet une analyse semi-quantitative des postures adoptées par les soignants, en identifiant la position du tronc, des membres inférieurs et supérieurs, ainsi que les charges manipulées.

Les postures ont été classées en quatre catégories d'action prioritaire (CAP), hiérarchisant le niveau de risque postural de manière croissante. À partir de cette classification, un indice de pénibilité posturale a été calculé pour chaque poste en pondérant la fréquence de chaque posture selon sa gravité. Cet indice a permis de comparer de manière objective la charge physique entre les différents environnements de soins étudiés.

Évaluation symptomatique

L'analyse posturale a été complétée par une évaluation des troubles musculosquelettiques à l'aide du questionnaire nordique standardisé. Chaque soignant observé a complété ce questionnaire auto-administré, reconnu pour sa validité dans la détection des douleurs musculosquelettiques dans neuf régions anatomiques : cou, épaules, coudes, poignets/mains, haut du dos, bas du dos, hanches/cuisses, genoux, chevilles/pieds.

Les réponses couvraient deux périodes de référence : les douze derniers mois pour les douleurs chroniques, et les sept derniers jours pour les douleurs récentes. Pour chaque région douloureuse, les participants indiquaient l'intensité de la douleur, la gêne fonctionnelle associée et les éventuelles répercussions professionnelles telles que l'arrêt de travail ou l'adaptation du poste. Les données ont été analysées statistiquement afin d'identifier les zones anatomiques les plus exposées, et de les mettre en relation avec les niveaux de risque postural observés.

Modélisation biomécanique

Une analyse biomécanique vectorielle a été conduite sur le poste identifié comme le plus contraignant de l'échantillon, classé en CAP 4. Cette modélisation visait à quantifier les sollicitations articulaires sur la base de photographies extraites des vidéos, illustrant les postures les plus extrêmes.

Les repères anatomiques des segments corporels ont été identifiés manuellement (rachis lombaire, hanches, genoux, épaules, coudes). Les masses segmentaires ont été estimées selon les coefficients proposés par Dempster [9]. Les moments biomécaniques ont été calculés à partir des bras de levier et des centres de gravité segmentaires. L'analyse a principalement porté sur les contraintes exercées au niveau lombaire (L5/S1), des genoux et des épaules. Les résultats ont été comparés aux seuils de tolérance définis par les recommandations du NIOSH [10] et de l'INRS [2], afin de qualifier l'intensité des sollicitations.

Cette approche a permis de compléter l'analyse macroscopique par une quantification fine de la contrainte biomécanique, en mettant en évidence les zones de rupture ergonomique et les postures potentiellement pathogènes.

Analyse statistique

L'analyse des données quantitatives a été réalisée à l'aide du logiciel IBM SPSS Statistics, version 26.0. Les variables qualitatives ont été exprimées en effectifs et pourcentages. Les comparaisons de proportions entre groupes (par type de service ou classification CAP) ont été effectuées à l'aide du test du chi carré de Pearson. Lorsque les effectifs attendus étaient inférieurs à 5, le test exact de Fisher a été utilisé. Le seuil de significativité statistique a été fixé à $p < 0,05$.

Éthique

Tous les participants ont été informés des objectifs de la recherche et ont donné leur consentement éclairé avant de participer à l'étude.

3. RÉSULTATS

Analyse posturale selon la méthode OWAS

L'analyse a porté sur 116 postes de soignants, chacun observé pendant une heure d'activité considérée comme la plus pénible de la journée. À l'aide du logiciel Win-OWAS, les vidéos ont été codées toutes les 15 secondes, générant une base de 27 840 postures.

Les résultats indiquent une prédominance de la position debout (78,6 %), dont 29,3 % en flexion antérieure du tronc. Les postures en torsion ou en flexion latérale représentent respectivement 2,11 % et 2,67 % du temps. Environ 10 % du temps est passé avec un bras

en l'air, tandis que 9,9 % des postures se font en position assise (jusqu'à 95 % chez les laborantines). Les déplacements représentent 10 % du temps global, avec des pics à 41 % dans certaines situations d'urgence.

Concernant la charge manipulée, 99 % des situations impliquent des efforts inférieurs à 10 kg. Toutefois, certains postes présentent des charges dépassant 20 kg, notamment en soins intensifs ou en chirurgie.

La répartition des postes selon les catégories d'action prioritaire OWAS (CAP) montre que 78,4 % relèvent de la catégorie 2, tandis que 18,1 % sont classés en CAP 3 et 3,4 % en CAP 4. Aucun poste n'a été classé en CAP 1. Un indice synthétique de pénibilité posturale, calculé pour chaque poste, varie de 103 à 184 (moyenne : 132). Les postes les plus contraignants se concentrent dans les services de soins intensifs, d'obstétrique et de chirurgie (Tableau 1).

Tableau 1. Répartition des postes selon les catégories d'action OWAS

| Catégorie OWAS | Nombre de postes | Pourcentage |
|----------------|------------------|-------------|
| CAP 1 | 0 | 00 % |
| CAP 2 | 91 | 78,4 % |
| CAP 3 | 21 | 18,1 % |
| CAP 4 | 4 | 3,4 % |

Postures à risque et segments anatomiques sollicités

Les postures les plus fréquemment associées à un risque biomécanique sont le dos penché en avant (40,5 %), la station debout prolongée sur deux jambes (43,1 %), et les torsions du tronc (10,3 %). Une seule posture sur un pied a été identifiée, sans retentissement notable. (Tableau 2).

Tableau 2. Postures segmentaires à risque identifiées chez les soignants

| Posture / Segment corporel à risque | Nombre de postes concernés | Pourcentage (%) |
|-------------------------------------|----------------------------|-----------------|
| Dos penché en avant | 47 | 40,5 % |
| Dos penché et tordu | 12 | 10,3 % |
| Debout contraignant (2 jambes) | 50 | 43,1 % |
| Debout sur un seul pied (à risque) | 1 | 0,9 % |

Répartition des postes pénibles selon les services

Sur l'ensemble, 26 postes (22,4 %) sont jugés pénibles (CAP 3 ou 4). Ils se répartissent principalement dans les soins intensifs (54,5 %) et l'obstétrique (27,3 %). Aucune différence statistiquement significative n'a été observée selon le type de service ($p = 0,16$) ou la fonction ($p = 0,74$). (Tableau 3).

Tableau 3. Répartition des postes pénibles (CAP 3–4) par service.

| Service hospitalier | Pourcentage de postes pénibles (CAP 3–4) |
|-----------------------|--|
| Soins intensifs | 54,5 % |
| Obstétrique | 27,3 % |
| Services médicaux | 18,2 % |
| Services chirurgicaux | 18,2 % |
| Pédiatrie | 17,6 % |

Analyse symptomatique : prévalence des troubles musculosquelettiques

L'enquête symptomatique menée à l'aide du questionnaire nordique a permis de dresser un état des lieux des douleurs musculo-squelettiques (TMS) ressenties par les soignants au cours des 12 mois précédant l'évaluation.

Parmi les 116 soignants, 61,2 % ont rapporté au moins un TMS au cours de l'année. Les taux les plus élevés sont observés en obstétrique (81,8 %). Les régions les plus touchées sont les lombaires (37,1 %), le rachis cervical (29,3 %) et les genoux (23,3 %). (Tableau 4).

Tableau 4. Prévalence des troubles musculosquelettiques (TMS) selon la région anatomique

| Région anatomique | Prévalence (%) |
|------------------------|----------------|
| Bas du dos (lombalgie) | 37,1 |
| Rachis cervical | 29,3 |
| Genoux | 23,3 |
| Épaules | 17,2 |
| Chevilles / pieds | 15,5 |
| Haut du dos | 11,2 |
| Poignets | 7,8 |
| Coudes | 7,8 |

Corrélations entre TMS et contraintes posturales

Parmi les 26 postes classés CAP 3–4, 57,7 % des soignants déclarent au moins un TMS, principalement une lombalgie (42,3 %). À l'inverse, seuls 21,1 % des soignants présentant un TMS occupaient un poste classé pénible. Aucune corrélation statistique n'est retrouvée ($p = 0,42$). (Tableau 5).

Tableau 5. Concordance TMS /postes (CAP 3–4)

| Indicateur analysé | Effectif (n) | Pourcentage (%) |
|---|--------------|-----------------|
| Soignants occupant un poste pénible (CAP 3–4) | 26 | 22,4 % |
| Parmi eux, nombre de soignants souffrant de TMS | 15 | 57,7 % |
| Soignants souffrant de TMS dans l'échantillon total | 71 | 61,2 % |
| Parmi eux, nombre occupant un poste pénible | 15 | 21,1 % |

Modélisation biomécanique vectorielle du poste le plus pénible

Parmi les quatre postes classés en catégorie d'action prioritaire 4 (CAP 4) selon la méthode OWAS – indiquant un niveau de risque postural élevé nécessitant une intervention immédiate – le poste d'infirmière en charge de la mise et de l'ablation des plâtres dans la salle de soins orthopédiques a été retenu pour une analyse approfondie.

Ce poste a présenté l'indice de pénibilité posturale le plus élevé de l'ensemble de l'échantillon (score = 184), traduisant une forte fréquence de postures contraignantes et des sollicitations articulaires importantes, en particulier au niveau du tronc et des membres inférieurs. L'observation ergonomique a mis en évidence plusieurs facteurs aggravants : un aménagement inadapté (plans de travail trop bas), la faible mobilité des patients et une organisation contraignant les soignants à répéter des gestes en flexion extrême, sans possibilité d'alternance posturale.

Analyse quantitative des postures

L'analyse quantitative du poste de travail, basée sur l'observation continue, montre que 92 % de l'activité est réalisée en position debout. Plus de la moitié du temps de travail, soit 57 %, est passée avec le dos en flexion vers l'avant, ce qui représente une contrainte biomécanique majeure. Les torsions du tronc sont présentes durant 14 % du temps, avec un pic d'occurrence atteignant 16 % lors de l'ablation du plâtre, une tâche particulièrement exigeante sur le plan postural.

La posture accroupie, bien que moins fréquente, est observée dans 3 % du temps total, avec des pointes à 7 % selon les séquences de travail. L'ensemble de ces postures dépasse largement les seuils de tolérance définis par les référentiels ergonomiques, notamment ceux du NIOSH et de l'INRS, en particulier en ce qui concerne la flexion lombaire prolongée.

Analyse angulaire segmentaire

Deux postures représentatives ont été analysées à l'aide de photographies prises sur le terrain, avec modélisation vectorielle des segments corporels selon les repères de De Leva [10].

Posture 1 : debout, jambes fléchies, tronc penché en avant. (Figure 1)

Cette posture correspond à une station debout, avec les jambes fléchies et le tronc en flexion avant. Le rachis cervical est en extension active (25°), les segments dorsal et lombaire sont en flexion maximale (30° et 25°), dépassant les zones de confort. Les hanches sont fléchies à 110°, et les genoux à 50°, générant une contrainte articulaire élevée (Tableau 7).



Figure 1. Posture 1 : position debout, jambes fléchies, tronc penché en avant. Illustration vectorielle des segments corporels et angles mesurés en situation réelle

Tableau 7. Angles articulaires mesurés pour la posture 1, comparés aux amplitudes physiologiques maximales et aux zones de confort recommandées.

| N° | Articulations | Position | Amplitude physiologique (°) | Zone de confort (°) | Mesure en situation (°) |
|----|-----------------|----------|-----------------------------|---------------------|-------------------------|
| 1 | Rachis cervical | Flexion | 40 | 10–15 | 25 |
| 2 | Rachis dorsal | Flexion | 30 | 0 | 30 |
| 3 | Rachis lombaire | Flexion | 40 | 0 | 25 |
| 4 | Hanche | Flexion | 120 | 60–90 | 110 |
| 5 | Genou | Flexion | 140 | 60–90 | 50 |
| 6 | Épaule | Flexion | — | — | 0 |
| 7 | Coude | Flexion | 150 | 70–80 | 45 |

Posture 2 : accroupie, tronc penché en avant (Figure 2).

Cette posture combine une flexion importante du tronc avec une position accroupie et les membres supérieurs tendus vers l'avant. La flexion cervicale est mesurée à 30°, et celle du rachis lombaire à 40°, ce qui excède les limites de confort. Les hanches sont fléchies à 65°, les genoux à 110°, et les épaules à 20°, induisant une surcharge potentielle prolongée (Tableau 8).



Figure 2. Posture 2 : position assise penchée en avant, bras tendus vers l'avant. Représentation vectorielle des segments corporels et des angles articulaires mesurés en situation réelle.

Tableau 8. Angles articulaires mesurés pour la posture 2, comparés aux amplitudes physiologiques maximales et aux zones de confort recommandées.

| N° | Articulation | Position | Amplitude physiologique (°) | Zone de confort (°) | Mesure sur poste (°) |
|----|-----------------|----------|-----------------------------|---------------------|----------------------|
| 1 | Rachis cervical | Flexion | 40 | 10–15 | 30 |
| 2 | Rachis dorsal | Flexion | 30 | 0 | 10 |
| 3 | Rachis lombaire | Flexion | 40 | 0 | 40 |
| 4 | Hanche | Flexion | 120 | 60–90 | 65 |
| 5 | Genou | Flexion | 140 | 60–90 | 110 |
| 6 | Épaule | Flexion | 180 | 30–45 | 20 |
| 7 | Coude | Flexion | 150 | 70–80 | 50 |

Synthèse

Les analyses réalisées confirment que ce poste de travail cumule plusieurs facteurs de pénibilité. Il expose de manière marquée le soignant à des postures de flexion extrême du tronc, souvent prolongées, ce qui entraîne une sollicitation importante de la colonne vertébrale. Selon les segments articulaires concernés, les contraintes peuvent être passives (maintien prolongé) ou actives (mobilisation répétée), accentuant l'impact biomécanique global.

L'ergonomie insuffisante de l'environnement de travail, en particulier la hauteur inadaptée des plans de travail, constitue un facteur aggravant. L'exposition simultanée à des contraintes posturales aiguës, à des sollicitations articulaires importantes et à la répétition des gestes justifie pleinement le classement de ce poste en catégorie 4 selon la méthode OWAS. Ces éléments plaident en faveur de mesures correctives urgentes, portant notamment sur la révision de l'aménagement du poste, la hauteur des surfaces de travail et l'ergonomie des outils de contention utilisés.

4. DISCUSSION

L'analyse ergonomique menée en situation réelle de travail a mis en évidence une fréquence importante de postures contraignantes chez les soignants hospitaliers, en particulier dans les services à forte charge physique. La méthode OWAS, largement validée dans la littérature pour l'évaluation des risques posturaux [11], a révélé que près d'un poste sur cinq (CAP 3) nécessitait une intervention rapide, tandis que 3,4 % des postes (CAP 4) impliquaient un risque immédiat pour la santé des travailleurs.

La forte représentation des postures debout prolongées (78,6 %) et penchées en avant (29,3 %) corrobore les données publiées par Trinkoff et coll. [12], qui soulignent le lien entre positions prolongées, mouvements asymétriques et développement de troubles musculosquelettiques (TMS). L'indice moyen de pénibilité posturale relevé dans notre échantillon indique une charge physique non négligeable, particulièrement dans les services de soins intensifs et d'obstétrique où les postes pénibles sont surreprésentés.

L'analyse symptomatique confirme cette tendance : 61,2 % des soignants déclaraient des douleurs musculosquelettiques au cours des 12 mois précédents, une prévalence comparable aux chiffres observés par Yassi et coll. [13] dans les milieux hospitaliers européens. Les douleurs lombaires (37,1 %), cervicales (29,3 %) et aux genoux (23,3 %) dominent le tableau clinique, souvent associées à des postures contraignantes récurrentes (Tableau 4). Cette association est particulièrement marquée chez les lombalgiques, dont 23,2 % des postures enregistrées relevaient d'une exigence biomécanique élevée (CAP 3 ou 4).

L'examen croisé des données posturales et symptomatiques met en évidence que 57,7 % des agents occupant des postes pénibles souffraient de TMS, et que 21,1 % des soignants symptomatiques travaillaient dans des postes OWAS à risque élevé. Ces chiffres confirment le lien entre l'exposition biomécanique et les douleurs déclarées, même si l'analyse statistique ne révèle pas de différence significative entre les groupes ($p=0,42$). Cette absence de significativité pourrait être attribuée à la multi-factorialité des TMS, incluant des composantes psychosociales, organisationnelles et individuelles non mesurées ici.

Enfin, la modélisation vectorielle du poste le plus pénible (mise et ablation des plâtres en orthopédie) montre des amplitudes articulaires dépassant les zones de confort biomécanique au niveau du rachis, des genoux et des hanches. Les résultats de l'analyse angulaire confirment l'activation excessive des chaînes musculaires postérieures, avec maintien postural passif ou actif prolongé, en particulier au niveau dorsal, ce qui rejoint les données de Jonsson sur les mécanismes pathogènes des TMS dans les situations de surmenage articulaire. [14]

Ainsi, l'étude objective la coexistence de contraintes biomécaniques mesurées et de plaintes musculo-squelettiques déclarées. Elle renforce la nécessité d'interventions ergonomiques ciblées, en priorité sur les postes identifiés en CAP 3 ou 4, et sur les tâches induisant une flexion prolongée du tronc ou une posture asymétrique des membres inférieurs. La mise en œuvre de stratégies

organisationnelles (rotation des tâches, pauses actives, équipements adaptés) s'avère indispensable pour réduire la charge physique et prévenir les risques de chronicisation des TMS chez les soignants.

5. CONCLUSION

Cette étude ergonomique réalisée en conditions réelles de travail met en lumière l'ampleur des contraintes biomécaniques auxquelles sont exposés les soignants hospitaliers. L'utilisation croisée de la méthode OWAS, d'une modélisation vectorielle des postures et de l'auto-déclaration des troubles musculosquelettiques a permis d'établir un diagnostic précis des situations à risque. Les résultats montrent que les postures de flexion du tronc, les stations debout prolongées et certaines tâches techniques spécifiques, notamment en soins intensifs et en obstétrique, sont particulièrement pénibles et fortement corrélées aux plaintes physiques des professionnels.

La fréquence élevée des TMS, notamment lombaires et cervicales, constitue un signal d'alerte en matière de santé au travail. Bien que l'analyse statistique ne révèle pas de lien significatif entre poste pénible et présence de TMS, les tendances observées suggèrent une influence probable de la charge posturale sur l'apparition ou l'aggravation des symptômes.

6. RECOMMANDATIONS

- ✓ Réaménagement ergonomique des postes à risque : Prioriser les interventions ergonomiques sur les postes classés en CAP 3 ou 4, notamment en chirurgie, obstétrique et soins intensifs.
- ✓ Formation continue des soignants à l'ergonomie gestuelle : Intégrer des modules pratiques sur les gestes protecteurs, le transfert de charges et la prévention des postures prolongées ou asymétriques.
- ✓ Diversification des tâches et pauses actives : Mettre en place des stratégies organisationnelles de régulation de la charge physique, notamment par la rotation des tâches et la planification de pauses compensatoires.
- ✓ Suivi médical renforcé et dépistage précoce des TMS : Instaurer un suivi ergonomique et médical ciblé pour les agents occupant les postes les plus pénibles, avec un dépistage systématique des TMS.
- ✓ Approfondissement des recherches par une approche multifactorielle : Poursuivre l'analyse en intégrant les dimensions psychosociales, organisationnelles et individuelles afin d'avoir une vision holistique de la pénibilité du travail soignant.

Competing interests: The authors declare that they have no competing interest.

Funding: This research received no external funding.

REFERENCES

1. Khamaj AM, Ali AM, Alam MM. Investigating factors affecting musculoskeletal disorders: predictive models for identifying caregivers at risk. *Work*. 2022;72(4):1311–20. doi:10.3233/WOR-210309. PMID:35723145.
2. Institut national de recherche et de sécurité (INRS). Analyse de l'activité physique : évaluation des sollicitations biomécaniques. Paris: INRS; 2021. 32 p. (ED 6094). Disponible sur: <https://www.inrs.fr/media.html?refINRS=ED6094>
3. Hsieh PL, Lee YC, Yang SY, Lin YL, Huang YR. Association between work content and musculoskeletal disorders among home caregivers: a cross-sectional study. *Ind Health*. 2022;60(6):514–24. doi:10.2486/indhealth.2021-0160. PMID:34819407; PMCID:PMC9726607.
4. Davis KG, Kotowski SE. Prevalence of musculoskeletal disorders for nurses in hospitals, long-term care facilities, and home health care: a comprehensive review. *Hum Factors*. 2015;57(5):754–92. doi:10.1177/0018720815581933. PMID:25899249.
5. Peña-Curbelo V, Meneses-Monroy A, Mayor-Silva LI, Martín-Casas P, Álvarez-Melcón AC. Work-related musculoskeletal disorders in physical therapists: a cross-sectional study. *J Clin Med*. 2024;13(23):7425. doi:10.3390/jcm13237425. PMID:39685884; PMCID:PMC11642160.
6. Hoe VC, Urquhart DM, Kelsall HL, Zamri EN, Sim MR. Ergonomic interventions for preventing work-related musculoskeletal disorders of the upper limb and neck among office workers. *Cochrane Database Syst Rev*. 2018;10(10):CD008570. doi:10.1002/14651858.CD008570.pub3. PMID:30350850; PMCID:PMC6517177.
7. Lins C, Fudickar S, Hein A. OWAS inter-rater reliability. *Appl Ergon*. 2021;93:103357. doi:10.1016/j.apergo.2021.103357. PMID:33524664.
8. Kee D. Systematic comparison of OWAS, RULA, and REBA based on a literature review. *Int J Environ Res Public Health*. 2022;19(1):595. doi:10.3390/ijerph19010595. PMID:35010850; PMCID:PMC8744662.
9. Dempster WT. Space requirements of the seated operator: geometrical, kinematic, and mechanical aspects of the body with special reference to the limbs. Wright-Patterson Air Force Base, Ohio: Aerospace Medical Research Laboratories; 1955. (AMRL-TR-55-159).

10. Waters TR, Putz-Anderson V, Garg A, Fine LJ. Revised NIOSH equation for the design and evaluation of manual lifting tasks. *Ergonomics*. 1993;36(7):749–76. doi:10.1080/00140139308967940. PMID:8339717.
11. Gómez-Galán M, Pérez-Alonso J, Callejón-Ferre AJ, López-Martínez J. Musculoskeletal disorders: OWAS review. *Ind Health*. 2017;55(4):314–37. doi:10.2486/indhealth.2016-0191. PMID:28484144; PMCID:PMC5546841.
12. Trinkoff AM, Johantgen M, Muntaner C, Le R. Staffing and worker injury in nursing homes. *Am J Public Health*. 2005;95(7):1220–5. doi:10.2105/AJPH.2004.045070. PMID:15983274; PMCID:PMC1449343.
13. Yassi A, Lockhart K. Work-relatedness of low back pain in nursing personnel: a systematic review. *Int J Occup Environ Health*. 2013;19(3):223–44. doi:10.1179/2049396713Y.0000000027. PMID:23885775.
14. Jonsson B. The static load component in muscle work. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*. 1988;57(3):305–10. doi:10.1007/BF00635988. PMID:3371338.